

NÄHRSTOFFÜBERSCHÜSSE FÜR ORGANISMEN HÖCHST PROBLEMATISCH

Nutrient Network – ökologische Forschung für Grasländer neu gedacht und neu gemacht

Autor: Prof. Dr. Stan Harpole (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ)

Grasländer überziehen als einer der größten Ökosystemtypen die Erde. Als natürliches Weideland genutzt, sind sie für uns Menschen außerordentlich wichtig. Wie jedoch reagieren natürliche Grasländer auf Nährstoffüberschüsse, welche Regelmäßigkeiten lassen sich global feststellen? Wie hängen Beweidung und Pflanzenvielfalt zusammen?

- Das Nutrient Netzwerk untersucht den Biodiversitätsverlust im globalen Maßstab.
- Pflanzenvielfalt ist wichtig für die Produktion von Biomasse.
- Je mehr Nährstoffe dem jeweiligen Ökosystem hinzugefügt werden, desto größer dessen Verlust an Biodiversität.
- Die zunehmende Besiedlung von Ökosystemen mit invasiven Tierarten führt zu einer Nivellierung der Pflanzenvielfalt.

Das Anwachsen der Weltbevölkerung auf nun über 7,6 Milliarden Menschen bedeutet, dass wir einen von Menschen dominierten und sozial vernetzten Planeten bewohnen, auf welchem unsere Handlungen selbst die entferntesten Ökosysteme signifikant beeinflussen. Durch die landwirtschaftliche Düngung, aber auch die Verbrennung fossilen Kohlenstoffs haben sich beispielsweise die globalen Pools an Stickstoff und an Phosphor gegenüber vorindustriellen Niveaus verdoppelt. Über die Atmosphäre wird das Zuviel an Nährstoffen in Form von Stäuben und Gasen auch in entlegene Gebiete eingetragen. Diese atmosphärische Nährstoffbelastung ist auch eine der Hauptursachen für Artenverlust.

Die Überlagerung globaler Probleme wie Nährstoffüberschüsse, Klimawandel, Arteninvasionen und Verlust der biologischen Vielfalt erfordert Lösungen, welche disziplinäre und geografische Grenzen überschreiten. Als eine Antwort auf diese globalen Herausforderungen wurde 2005 das Nutrient Network („Nährstoff-Netzwerk“) als ein weltweit aktives Forschungsnetzwerk gegründet. Zielstellung ist es, auf ex-

perimenteller Basis zu verstehen, wie globaler Wandel Biodiversitätsverlust verursacht.

Aufgrund ihrer hohen Bedeutung für die Menschheit liegt der Fokus auf Grasland-Ökosystemen: Sie stellen einen großen Teil der Landoberfläche der Erde dar und fallen oft mit der Nutzung landwirtschaftlicher Produktion zusammen. Grasland-Ökosysteme reagieren besonders empfindlich auf globale Veränderungen, da sie häufig an Nährstoffarmut angepasst sind. Mit einem teamwissenschaftlichen Ansatz werden seit nunmehr 14 Jahren standardisierte Experimente in diesem Ökosystem weltweit durchgeführt.

Wie kann ein globales Beobachtungsnetzwerk langfristig funktionieren? Der „Grasroot“-Ansatz.

Das Nutrient Network ist – im Gegensatz zu hierarchischen oder Top-Down Ansätzen – mehr oder weniger spontan aus sich selbst heraus entstanden. Das Nutrient Network ist eine vielfältige Gemeinschaft von Umweltwissenschaftlern aus aller Welt, die durch fundamentale

Fragestellungen und den Wunsch nach Kooperation nach fairen Prinzipien motiviert ist. Die wissenschaftlichen Mitglieder übernehmen die Verantwortung für ein Untersuchungsareal, richten sich nach standardisierten Forschungsmethoden und teilen ihre erhobenen Daten, indem sie sie in eine zentralisierte Datenbank eingeben. Diese Standardisierung und langfristige Konsistenz sind ein erheblicher Vorteil gegenüber herkömmlichen, kleiner gehaltenen Experimenten oder großformatigen Meta-Analysemethoden.

Wie sehen die Experimente aus?

Da das Netzwerk seine Experimente in möglichst vielen Graslandschaften dieser Erde replizieren möchte, basieren sie auf einem einfachen Design im Hinblick auf Einrichtung, Messbarkeit und Wartung. So werden mindestens drei funktionale Pflanzenparameter erhoben, unter anderem der prozentuale Deckungsgrad jeder vorkommenden Art sowie die Lichtverfügbarkeit an einem Standort. Hinzu kommt – zu Beginn der Experimente und nach drei Jahren – eine Analyse der Nährstoffgehalte des Bodens. Es gibt zudem eingezäunte Parzellen, auf denen Pflanzenfresser wie Zebras, Rehwild, Kaninchen oder Kängurus ausgeschlossen sind.

Auf diese Weise werden die Effekte von Beweidung bzw. deren Ausbleiben durch Wildtiere auf die Pflanzenvielfalt untersucht und die entsprechenden Erkenntnisse aus diesen Experimenten sind dann perspektivisch auch auf Nutztiere übertragbar. Studien zeigten beispielsweise bereits, dass die Beweidung in einigen Fällen sogar den durch Nährstoffüberschuss verursachten Diversitätsverlust ausgleichen kann. Dabei fällt die Anpassung der Pflanzen auf den Beweidungsdruck unterschiedlich aus: Einige Arten wachsen langsamer, um dem Totalverlust zu entgehen; andere wachsen stärker, um die verlorene Biomasse zu kompensieren.

Durch das Hinzufügen von verschiedenen Nährstoffdüngerkombinationen in den Experimenten lässt sich darüber hinaus untersuchen, wie der Verlust von Pflanzenvielfalt aufgrund von Stickstoffüberschüssen (sowie Phosphor, Kalium oder anderen Nährstoffen) beeinflusst wird.

Durch seinen einfach nachvollziehbaren und kostengünstigen Versuchsaufbau (jährliche Kosten belaufen sich auf nur ca. 100 US-Dollar, einmalige Kosten auf ca. 2.000 US-Dollar + Labor) konnte sich das Nutrient Network als ein langfristiges ökologisches Beobachtungsnetzwerk etablieren. Die Experimente sind zudem ideal für die Einbeziehung von Studenten geeignet. Das Nutrient Network umfasst einen Großteil der Weltklimazonen (Abb. 1). Es besteht aus 130 Projekt-Verantwortlichen mit Versuchsstationen in 27 Ländern auf sechs Kontinenten. 28 Versuchsstationen liegen in Europa und fünf innerhalb Deutschlands (Abb. 2).

Beraten wird das Netzwerk von einem Team aus neun internationalen Wissenschaftlern. Die Koordination übernimmt die Universität Minnesota. Es wird nun, nach 14 Jahren Erfahrung, eine zweite Generation des Nutrient Networks mit neuen experimentellen Verfahren und Messungen geben, welche sowohl die Infrastruktur als auch Technologien des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) nutzen.

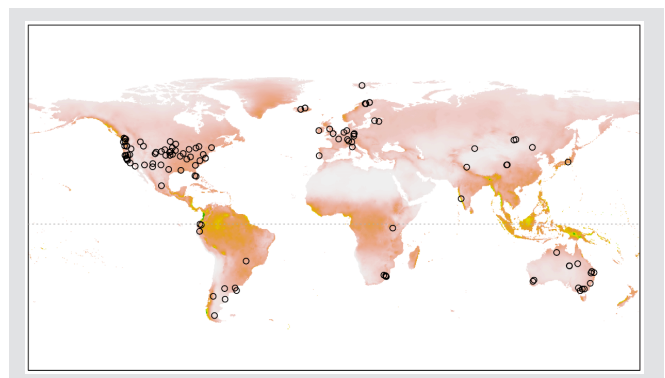


Abb. 1: Geografische Verteilung der Nutrient Network sites (Kreise). Die jährlichen Niederschläge sind im Hintergrund dargestellt (hellblau = leicht bis dunkelblau = stark).

Abb.: UFZ

Was sind die Fragestellungen?

Die Experimente des Netzwerks befassen sich mit Auswirkungen des globalen Wandels auf natürliche Ökosysteme. Hierin eingeschlossen sind die Belastungen durch atmosphärische Nährstoffeinträge sowie die Veränderungen von Pflanzenfressergemeinschaften und andere Störungen. Zwar wissen wir bereits aus der Agrarwissenschaft, dass Pflanzen mehr Nährstoffe als nur Stickstoff oder Phosphor benötigen, jedoch haben wir nur unzureichende Informationen darüber, welche Bedeutung diese Nährstoffe überhaupt in natürlichen Ökosystemen haben. Fragestellungen befassen sich mit Themen wie der Biomasseproduktion aus Grünlandpflanzen und ihr Verhältnis zu Diversität, Stabilität des Ökosystems und seine Erholung nach Störungen. Des Weiteren sind invasive Arten und deren Merkmalseigenschaften ein wichtiges Thema.

Erste Ergebnisse: Bedeutung von Pflanzenvielfalt für Biomasseproduktion

Biodiversität und Pflanzenproduktion sind auf komplexere Weise miteinander verknüpft als bisher angenommen. Anstelle der bisherigen Annahme, dass größere Biomasse eine größere Biodiversität ermöglicht (Adler et al., 2011), zeigen u.a. die Nutrient Network Ergebnisse, dass Diversität und Pflanzenproduktion von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, welche Klima, Boden und Störungen miteinschließen. Mit neuartigen statistischen Methoden fand sich auch die entgegengesetzte Beziehung in den Beobachtungsarealen: Je mehr Pflanzenarten vorhanden waren, umso mehr Biomasse wurde produziert. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit Experimenten zur Funktion von Biodiversität in Ökosystemen (Grace et al., 2016).

Erste Ergebnisse: Was ist wichtig für die Vorhersage von Pflanzenproduktion?

Pflanzen sind auf multiple Nährstoffe angewiesen, darunter Stickstoff und Phosphor, aber

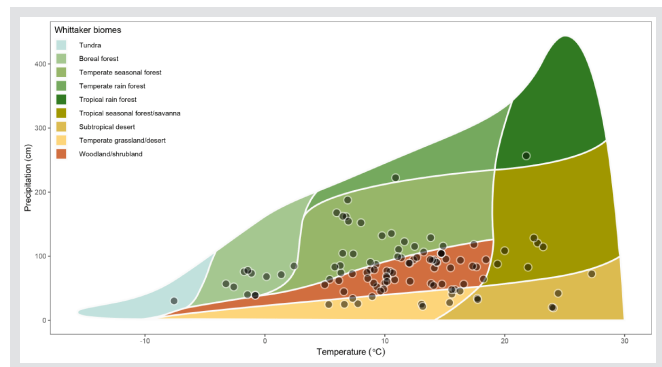


Abb. 2: Die Nutrient Network sites (Kreise) decken bzgl. Mittlerer Jahrestemperatur und Niederschlag den Großteil der Klimazonen der Erde ab (farbiges Dreieck), wie auch viele der Haupt-Biome (gemäß Beschreibung durch Whittaker; s. Legende mit den korrespondierenden Farben). Die Klassifizierung der Biome beruht auf den natürlichen Haupt-Vegetationstypen, kann aber auch einen Mix verschiedener Ökosysteme enthalten, z.B. Grasland oder vom Menschen modifizierte Ökosysteme. Abb.: UFZ

auch einige Kombinationen von Kalium, Kalzium, Schwefel und anderen Nährstoffen (Fay et al., 2015). In der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion ist das Wissen um den Bedarf an Mehrfachnährstoffen gut etabliert, für die generelle Bedeutung von Mehrfachnährstoffen in natürlichen Graslandschaften hingegen liefern Ergebnisse des Nutrient Network den ersten experimentellen Beweis.

Durch Landwirtschaft und Verbrennung fossiler Brennstoffe, entstehen Stäube und Gase, welche wiederum aus der Atmosphäre niedergehen und zur Nährstoffverschmutzung führen. Durch unsere Ergebnisse konnten wir zeigen, dass durch menschliche Aktivitäten verursachte Stickstoffdepositionen genauso wichtig für die Vorhersage der Pflanzenproduktivität sind, wie diverse Klimavariablen, zu denen unter anderem Niederschläge und Temperatur zählen (Stevens et al., 2015). Diese atmosphärische Nährstoffbelastung ist auch eine der Hauptursachen für Artenverlust. Je mehr Nährstoffe dem jeweiligen Ökosystem hinzugefügt werden, desto größer dessen Verlust an Biodiversität. Hierbei war der Diversitätsverlust in den artenreichsten Graslandschaften am größten (Harpole et al., 2016).

Erste Ergebnisse: Wie hängt die Häufigkeit einer Art in Heimat- und Fremdgebiet zusammen?

Mit der Nährstoffbelastung nehmen auch invasive Arten in ihrer Anzahl und Bandbreite zu (Seabloom et al., 2015). Eine Vorhersage darüber zu treffen, welche Arten zu Problemverursachern werden, erwies sich jedoch als schwierig. Wir konnten jedoch die Erkenntnis gewinnen, dass sich von der Häufigkeit be-

stimmter invasiver Pflanzen innerhalb ihrer Heimatregion auch auf die Anzahl der Individuen dieser Arten bei der Ausbreitung in Fremdgebieten schließen lässt (Firn et al., 2011). Es ist besorgniserregend, dass die zunehmende Besiedlung von Ökosystemen mit invasiven Tierarten auch zu einer Nivellierung der Pflanzenvielfalt führt. Ökosysteme gleichen sich also in ihrer Vielfalt immer mehr aneinander an.

Quellen

- Adler, P. B., Seabloom, E. W., Borer, E. T., Hillebrand, H., Hautier, Y., Hector, A., ... Yang, L. H. (2011). Productivity is a Poor Predictor of Plant Species Richness. *Science*, 333(6050), 1750-1753. doi:10.1126/science.1204498
- Harpole, W. S., Adler, P. B., Lind, E. M., Orrock, J. L., Seabloom, E. W. & Smith, M. D. (2014). Finding generality in ecology: a model for globally distributed experiments. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 65-73. doi:10.1111/2041-210X.12125
- Borer, E. T., Grace, J. B., Harpole, W. S., MacDougall, A. S. & Seabloom, E. W. (2017). A decade of insights into grassland ecosystem responses to global environmental change. *Nature Ecology & Evolution*, 1 (5):0118, 65-73. doi:10.1038/s41559-017-0118
- Fay, P. A., Prober, S. M., Harpole, W. S., Knops, J. M. H., Bakker, J. D., Borer, E. T., ... Yang, L. H. (2015). Grassland productivity limited by multiple nutrients. *Nature Plants*, 1:15080, 1-5. doi:10.1038/nplants.2015.80
- Firn, J., Moore, J. L., MacDougall, A. S., Borer, E. T., Seabloom, E. W., HilleRisLambers, J., Harpole, W. S., ... Buckley, Y. M. (2011). Abundance of introduced species at home predicts abundance away in herbaceous communities. *Ecology Letters*, 14, 274-281. doi:10.1111/j.1461-0248.2010.01584.x
- Grace, J. B., Anderson, T. M., Seabloom, E. W., Borer, E. T., Adler, P. B., Harpole, W. S., ... Smith, M. D. (2016). Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness. *Nature*, 529, 390-393. doi:10.1038/nature16524
- Harpole, W. S., Sullivan, L. L., Lind, E. M., Firn, J., Adler, P. B., Borer, E. T., Chase, J., Fay, P. A., ... Wragg, P. D. (2016). Addition of multiple limiting resources reduces grassland diversity. *Nature*, 537, 93-96. doi:10.1038/nature19324
- Hillebrand, H., Blasius, B., Borer, E. T., Chase, J. M., Downing, J. A., Eriksson, B. K., ... Ryabov, A. B. (2018). Biodiversity change is uncoupled from species richness trends: consequences for conservation and monitoring. *Journal of Applied Ecology*, 55, 169-184. doi:10.1111/1365-2664.12959
- Seabloom, E. W., Borer, E. T., Buckley, Y. M., Cleland, E. E., Davies, K. F., Firn, J., Harpole, W. S., ... Yang, L. (2015). Plant species' origin predicts dominance and response to nutrient enrichment and herbivores in global grasslands. *Nature Communications*, 6:7710, 1-8. doi:10.1038/ncomms8710
- Lind, E. M., Hautier, Y., Harpole, W. S., Borer, E. T., Hobbie, S., ... Wragg, P. D. (2015). Anthropogenic nitrogen deposition predicts local grassland primary production worldwide. *Ecology*, 96, 1459-1465. doi:10.1890/14-1902.1

Impressum

Herausgeber

Helmholtz-Zentrum Potsdam,
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Redaktion

PD Dr. Dierk Spreen
Jana Kandarr
Oliver Jorzik

Layout

Pia Klinghammer

E-Mail: redaktion-eskp@gfz-potsdam.de

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:

<https://themenspezial.eskp.de/biodiversitaet-im-meer-und-an-land/inhalt-937146/>

Stand: Februar 2020

Heft-DOI: <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.1>

ISBN: 978-3-98-16597-4-0

Zitiervorschlag:

Earth System Knowledge Platform (Hrsg.). (2020). *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.1

Einzelartikel:

[Autor*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In Earth System Knowledge Platform (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt* ([Seitenzahlen]). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen:
eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)